

Качество вод реки Вычегда в условиях поступления очищенных сточных вод целлюлозно-бумажного производства

Е. Н. ПАТОВА, Б. М. КОНДРАТЁНОК, М. Д. СИВКОВ, С. Н. КОСТРОВА

*Институт биологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН
167982, Сыктывкар, ул. Коммунистическая, 28
E-mail: patova@ib.komisc.ru*

Статья поступила 27.04.2021

После доработки 18.05.2021

Принята к печати 10.06.2021

АННОТАЦИЯ

Представлены результаты трехлетних измерений (в июле 2018–2020 гг.) гидрофизических и гидрохимических показателей вод р. Вычегда в местах сброса очищенных сточных вод ЦБК АО “Монди СЛПК”. На условно фоновых станциях, испытывающих воздействие сточных вод в концентрациях значительно ниже ПДК_{рх}, отмечены: минерализация, содержание ионов Ca²⁺, Mg²⁺, Cl⁻, SO₄²⁻, NO₃⁻, тяжелые металлы, нефтепродукты, анионные поверхностно-активные вещества, бенз[а]пирен; превышение ПДК_{рх} отмечено для взвешенных веществ, химического потребления кислорода (ХПК), PO₄³⁻, Fe, Mn. Исследования показали, что происходит заметное улучшение качества сточных вод и снижение экологической нагрузки на экосистему р. Вычегда в местах их сброса благодаря проводимой АО “Монди СЛПК” модернизации очистных сооружений. При высоком уровне воды в р. Вычегда (2018–2019 гг.) для всех исследованных показателей в местах сброса очищенных сточных вод не выявлено достоверного превышения над условно фоновыми значениями. Снижение качества вод удалось зарегистрировать только в условиях маловодного 2020 г. В этот период в местах сброса сточных вод отмечено статистически значимое превышение над условно фоновыми значениями массовых концентраций взвешенных веществ, Cl⁻, SO₄²⁻, PO₄³⁻, NH₄⁺, S_{общ}, K, Na, фенола, а также показателей ХПК, перманганатной окисляемости (ПО), мутности, удельной электропроводности. По эколого-санитарным и токсикологическим показателям воды всех обследованных пунктов наблюдений отнесены к 3-му классу качества (удовлетворительной чистоты).

Ключевые слова: сточные воды целлюлозно-бумажного производства, гидрохимические и гидрофизические показатели, р. Вычегда, северо-восток Европейской России.

Целлюлозно-бумажная промышленность (ЦБП) характеризуется большими расходами потребления воды, используемой на разных этапах производственных процессов. В результате образуется значительный объем сточных вод, которые после очистки по-

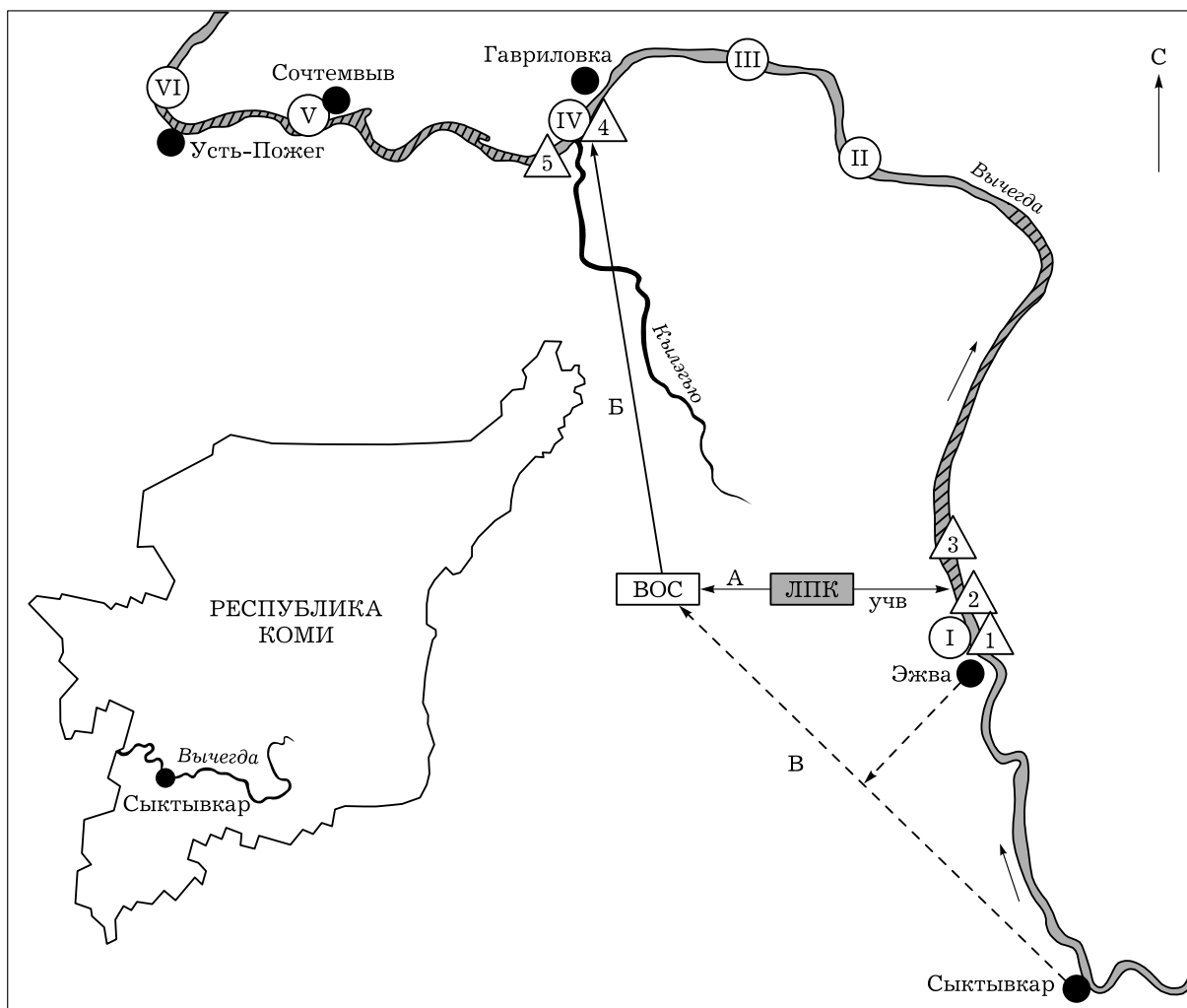
ступают в водные экосистемы [Личутина и др., 2005; Hall, Landis, 2009; Боголицын и др., 2010; Singh, Chandra, 2019]. Химический состав стоков зависит от вида выпускаемой продукции и технологии очистки сточных вод. Производственные стоки ЦБП могут

содержать широкий спектр загрязняющих веществ: легко и трудно окисляемые органические вещества, сернистые соединения, хлорорганические соединения, полиароматические углеводороды, нефтепродукты, различные макро- и микроэлементы [Максименко и др., 2000; Боголицын и др., 2010; Тимакова и др., 2014; Штамм и др., 2015; Троянская, 2019]. Стоки с целлюлозно-бумажных предприятий характеризуются также повышенной температурой, что приводит к тепловому загрязнению водоемов [Effects..., 2000; Елсаков, Щанов, 2016; Хамитова, 2017]. Поступление сточных вод ЦБП в водоемы приводит к трансформации физико-химических параметров водной среды и оказывает негативное влияние на биоразнообразие и структуру сообществ гидробионтов [Poole et al., 1977; Culp et al., 2000; Røykiö et al., 2004; Hall, Landis, 2009; Тимакова и др., 2014; Штамм и др., 2015; Батурина и др., 2021; Батурина, Кононова, 2021].

В 2018–2020 гг. сотрудниками Института биологии Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук (ИБ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН) выполнены комплексные исследования, направленные на оценку долговременного влияния целлюлозно-бумажного комбината АО “Монди Сыктывкарский лесопромышленный комплекс” (АО “Монди СЛПК”) на биологическое разнообразие в районе производства. Для оценки степени трансформации биоразнообразия водной экосистемы р. Вычегда, принимающей стоки этого предприятия, были исследованы сообщества фито- и зоопланктона, зообентоса и рыбного населения, выполнено сравнение их количественных показателей на условно фоновых и загрязненных участках р. Вычегда [Батурина и др., 2021; Кононова, 2021; Патова и др., 2021; Рафиков, 2021]. Комплекс абиотических факторов, включающий физико-химические особенности воды, а также степень антропогенной нагрузки определяют соотношение таксономических групп, состав ведущих видов и развитие гидробионтов.

Цель работы – оценка качества поверхностных вод р. Вычегда в зонах сброса очищенных стоков целлюлозно-бумажного комбината АО “Монди СЛПК” и на условно фоновых участках на основе гидрохимических и гидрофизических показателей.

Характеристика р. Вычегда. Вычегда – самый большой правый приток р. Северной Двины, впадает в нее на 673-м километре, протекает по территории Республики Коми и Архангельской области (рис. 1). Свое начало она берет в равнинной болотистой местности у восточных отрогов Тиманского кряжа на высоте 220–230 м над уровнем моря [Зверева, 1969]. Длина реки 1130 км, площадь водосбора 121 тыс. км², на водосборе расположено 6388 озер общей площадью 191 км² [Государственный водный реестр, 2021]. По характеру долины и водному режиму Вычегда – типично равнинная река. Средняя плотность речной сети в бассейне р. Вычегда 0,62 км/км². К крупным правым притокам Вычегды относятся Вишера, Вымь, к левым – Нем, Локчим, Сысола. Вычегда – река с незавершенным меандрированием. Водность ее составляет от 162 м³/с (с. Усть-Нем) до 601 м³/с (г. Сыктывкар). Питание снеговое (до 60 %), доля дождевого – 15–30 %, грунтового – 15–35 % [Атлас..., 1997]. По гидрографическим особенностям р. Вычегда делится на Верхнюю, Среднюю и Нижнюю [Зверева, 1969]. Район наших исследований расположен в среднем течении реки. Бассейн Средней Вычегды занимает обширную долину, пойма широкая, обычно двусторонняя, заболоченная, с многочисленными протоками. Невысокие пологие берега чередуются с высокими обрывистыми (3–18 м). Русло шириной от 100 до 680 м, много мелей и низких намывных песчаных островов, дно реки песчано-глинистое, с галькой. Скорость течения от 0,3–0,6 м/с (летняя межень) до 1,5–1,8 м/с (половодье) [Атлас ..., 1997]. Река имеет важное хозяйственное значение для региона, является средой обитания для ценных промысловых пород рыб, водоплавающих птиц. Экосистема р. Вычегда испытывает сильную антропогенную нагрузку под влиянием коммунально-бытовых, сельскохозяйственных и промышленных стоков. В водах реки в среднем течении по данным Центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды Республики Коми в черте г. Сыктывкара и в районе д. Гавриловки (район сброса очищенных сточных вод АО “Монди СЛПК”) в разные годы отмечается превышение ПДК_{рх} по химическому потреблению



- населенные пункты
- ▨ зона термического воздействия сточных вод по [Елсаков, Щанов, 2016]
- ⊙ I пункты отбора гидробиологических (фитопланктон, зоопланктон, зообентос) и гидрохимических проб (шифр среза)
- △ 1 пункты отбора ихтиологических проб

Рис. 1. Карта-схема расположения пунктов отбора гидрохимических, гидробиологических и ихтиологических проб. ЛПК – территория АО “Монди СЛПК”; ВОС – внеплощадочные очистные сооружения; учв – условно чистые воды; А – производственные; Б – очищенные; В – хозяйственно-бытовые сточные воды

кислорода (ХПК), нефтепродуктам, железу, алюминию, марганцу и цинку [Государственный доклад..., 2020]. На отдельных участках реки зарегистрирован повышенный температурный фон [Елсаков, Щанов, 2016], что также связано с поступлением в русло стоков с очистных сооружений АО “Монди СЛПК”, на которых подвергаются очистке не только промышленные воды предприятия, но и коммунально-бытовые стоки г. Сыктывкара. Превышение температуры над фоновы-

ми значениями наблюдается на участке протяженностью до 15 км (см. рис. 1) [Там же, 2016].

Пункты отбора проб, характеристика климатических показателей в период отбора проб. Отбор проб воды на р. Выгегда проведен в июле 2018–2020 гг. одновременно с гидробиологическими сборами (зоопланктона, зообентоса и фитопланктона) на пяти станциях/пунктах наблюдений (см. рис. 1, табл. 1). Во все периоды наблюдений в одних и тех же пунктах поверхностные воды отбирались толь-

ко в пунктах I и IV – местах сброса условно чистых и очищенных сточных вод, поступающих с внеплощадочных очистных сооружений, для этих двух станций в рамках данной работы мы и приводим гидрохимические и гидрофизические показатели. Пробы воды в пунктах I и IV отбирали как с левого берега (места сброса сточных вод), так и с правого (отнесены к условно фоновым). Условно фоновые пункты расположены на правом берегу р. Вычегда выше мест сброса сточных вод

(см. рис. 1). Правобережная часть в пунктах выбрана в качестве условного фона в связи с тем, что здесь отсутствуют жилая застройка, промышленные объекты и сельскохозяйственные угодья, в отличие от плотно заселенной левобережной части, где повышена антропогенная нагрузка на водоток и трудно выделить влияние сточных вод с очистных сооружений АО “Монди СЛПК” (см. рис. 1).

Отбор поверхностных вод выполнен в соответствии с ГОСТ 31861-2012 “Вода. Общие

Т а б л и ц а 1

Характеристика пунктов отбора гидрохимических и гидробиологических проб (зоопланктона, зообентоса и фитопланктона) в р. Вычегда (13–25 июля 2018–2020 гг.)

Код пункта	Местоположение и описание пункта	Координаты / расстояние между пунктами, км	Место отбора проб	Биотоп	Глубина, м	Прозрачность, м
I	Место сброса очищенных сточных вод АО “Монди СЛПК” в р. Вычегда, Эжвинский район, г. Сыктывкар	Левый берег: 61°48'58" с. ш. 50°45'10" в. д. Правый берег: 61°49'00" с. ш. 50°45'35" в. д.	Левый берег, место сброса сточных вод (20–30 м от места сброса). Середина русла реки. Правый берег, напротив сброса сточных вод – выбран в качестве условно фонового участка	п, п + гр, п + гр + и, гр + в, рдесты, осоки, хвощи	0,8–2,8	0,5–0,6
II	пос. Коччойяг	61°58'05" с. ш. 50°40'28" в. д. / I–II – 22,8	Левый берег	п, п + и, ро	0,6–0,8	0,6–0,7
III	д. Малая Слуда	61°59'58" с. ш. 50°36'01" в. д. / II–III – 6,4	Левый берег	п, п + гр, гр + гал, гр + гал + и, гр + гал + в	0,8–1,0	0,6–0,7
IV	Место впадения р. Кылог и канала с подогретыми водами с очистных сооружений АО “Монди СЛПК” в р. Вычегда	Левый берег: 61°58'25" с. ш. 50°28'39" в. д. Правый берег: 61°58'30" с. ш. 50°28'07" в. д. / III–IV – 8,4	Левый берег, место сброса сточных вод (20–30 м от места сброса). Середина русла реки. Правый берег, напротив места сброса сточных вод – выбран в качестве условно фонового участка	п, п + и, ро	0,5–3,5	0,5–0,6
V	пос. Сотчемвыв	61°58'54" с. ш. 50°16'31" в. д. / IV–V – 11,8	Правый берег	п, п + гр + гал, гр + галл + в, рдесты, осоки	0,5–0,8	0,5–0,7
VI	пос. Усть-Пожег (конец зоны обнаружения теплового воздействия сточных вод)	Левый берег: 61°59'59" с. ш. 50°11'35" в. д. Правый берег: 61°59'58" с. ш. 50°11'46" в. д. / V–VI – 5,5	Левый берег. Правый берег	п, п + гр	0,7–5,5	0,7–0,8

Примечание. п – песчаный грунт; гр – гравий; гал – галька; и – ил; в – водорослевые обрастания; ро – растительные остатки.

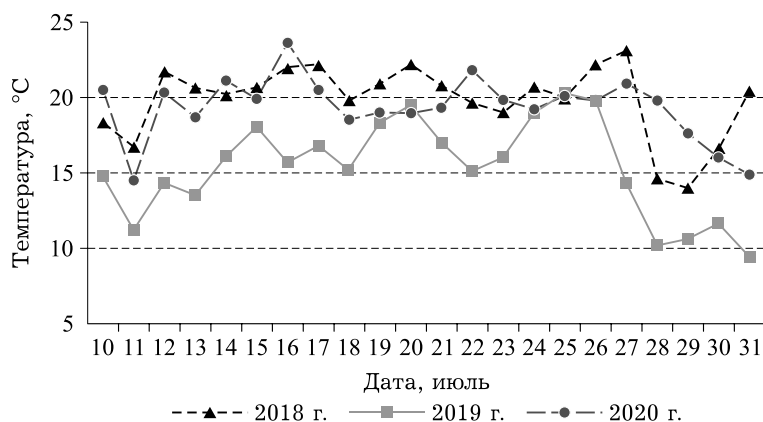


Рис. 2. Температура воздуха в июле 2018–2020 гг. в период отбора гидрохимических и гидробиологических проб. Данные метеорологической станции Сыктывкар, Республика Коми, координаты 61°41'59" с. ш., 50°51'56" в. д. [Weatherarchive.ru, 2021].

требования к отбору проб”. Пробы воды отбирали с лодки в подготовленные бутылки с поверхности водоема в объеме 4,5 л (стеклянная тара) и на глубине 30–50 см (использован 2-литровый батометр Руттнера) – 1,5 л (полиэтиленовая тара). Пробы сразу помещали в сумку-холодильник.

При обсуждении результатов гидрохимических, гидробиологических и ихтиологических исследований важно учитывать погодные условия. В 2018 и 2020 гг. температурные показатели были близкими, в период исследования среднемесячная температура воздуха достигала 19,5 и 20,0 °С соответственно (рис. 2). В июле 2019 г. зафиксирована самая низкая среднемесячная температура 15,4 °С с отклонением от нормы –2,1 °С. Температура воды на исследованном участке реки, по нашим наблюдениям, изменялась в соответствии с температурой воздуха (рис. 3). Минимальные значения отмечены в июле 2019 г. в диапазоне от 16,3 до 17,1 °С. В более теплые периоды на-

блюдений в июле 2018 г. и июле 2020 г. температура воды варьировала в диапазоне значений от 21,8 до 25,8 °С и от 23,8 до 24,7 °С соответственно. Уровень воды в 2018 и 2019 гг. на момент отбора проб (23.07.2018 и 14.07.2019) был практически одинаковым (рис. 4). Отличие заключалось в том, что в 2018 г. пробы отбирались в период интенсивного снижения уровня воды, а в 2019 г. – в период интенсивного подъема уровня воды вследствие значительных осадков (за 5 дней до отбора проб выпало 35 мм осадков, половина месячной нормы). В 2020 г. в период отбора проб уровень воды был существенно ниже, чем в предшествующие два года (см. рис. 4).

Методы лабораторных исследований. Количественный химический анализ проб воды по 52 показателям выполнен по метрологически аттестованным методикам (табл. 2) в экоаналитической лаборатории ИБ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН (аттестат аккредитации РОСС RU.0001.511257).

Статистическая обработка данных. Выполнено сравнение средних значений показателей для пунктов I и IV с показателями для условно фоновых вод. С этой целью использовали непараметрическую статистику (критерий Манна – Уитни) в программе Statistica 13.3 (StatSoft, Russia) ввиду ограниченного количества значений по каждому показателю. Вероятность (p) нулевой гипотезы (нет различий между средними) оценивали на 5 %-м уровне значимости, считая, что если $p < 0,05$ (5 %), то нулевая гипотеза отвергается, т. е. различия между средними существенны, и наоборот. Средние показатели рассчитывали для условно фоновых точек по шести значениям, для пунктов I и IV – по трем.

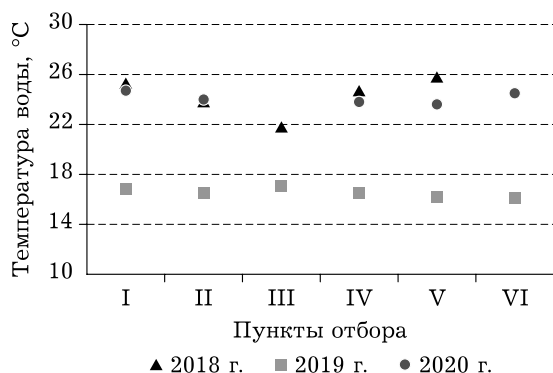


Рис. 3. Температура воды на исследованных пунктах р. Вычегда в 2018–2020 гг. Характеристики и расшифровка кодов пунктов отбора приведены в табл. 1

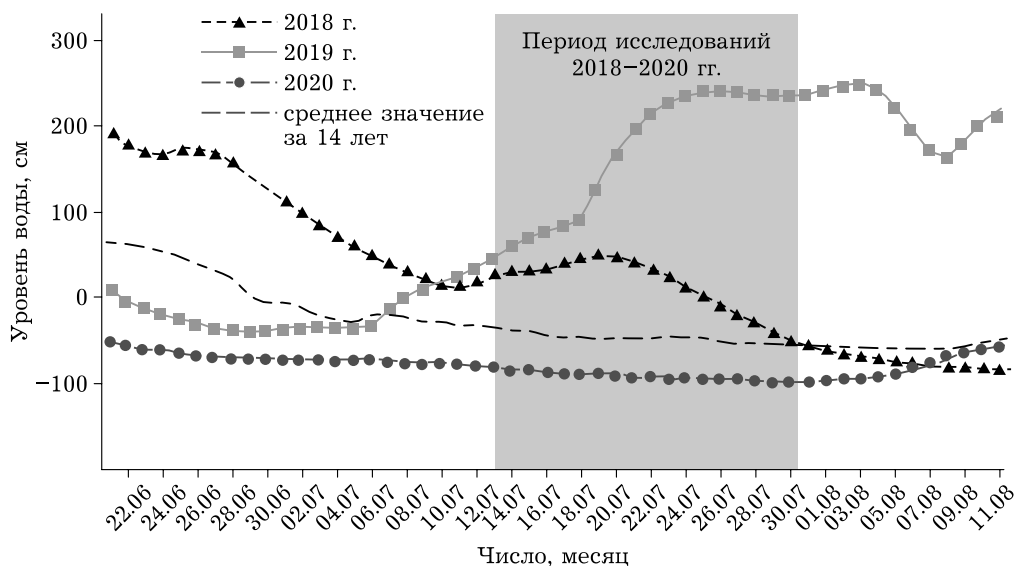


Рис. 4. Уровень воды в р. Вычегда в 2018–2020 гг.

Данные метеорологической станции Сыктывкар, Республика Коми, координаты 61°41'59" с. ш., 50°51'56" в. д. [Allrivers.info..., 2021].

Т а б л и ц а 2

Методики и средства измерений, использованные для химического анализа проб воды

Показатель	Метод измерений, нормативный документ	Средство измерений (марка, производитель)
1	2	3
Водородный показатель, рН	Потенциометрический метод, РД 52.24.495-2017 (ФР.1.31.2019.33238) Исследование нефилтрованных проб	Анализатор жидкости – рН-метр-кондуктометр Professional Meter PP-20 с рН-метрическим комбинированным электродом в стеклянном корпусе PY-P11, Sartorius, Германия
Удельная электрическая проводимость	Кондуктометрический метод, Руководство по эксплуатации Sartorius Professional Meter PP-20 Исследование нефилтрованных проб	Анализатор жидкости – рН-метр-кондуктометр Professional Meter PP-20, Sartorius, Германия
Взвешенные вещества (ВВ)	Гравиметрический метод, ПНД Ф 14.1:2:4.254-09 (ФР.1.31.2018.29036) Исследование проб, отфильтрованных через фильтры обеззоленные “Синяя лента” с фильтрующей способностью не более 100 секунд	Весы лабораторные, аналитические, 1-го класса точности XR205, Mettler Toledo, Швейцария
Сухой остаток	Гравиметрический метод, ПНД Ф 14.1:2:4.261-2010 (ФР.1.31.2015.21954) Исследование проб, отфильтрованных через мембранные фильтры с диаметром пор 0,45 мкм	Весы лабораторные, аналитические, 1-го класса точности XR205, Mettler Toledo, Швейцария
Прозрачность	Визуальный метод, РД 52.24.496-2018 (п. 9.2) Исследование нефилтрованных проб	Линейка измерительная, металлическая, 300 мм, ОАО “Ставропольский инструментальный завод”, Россия
Мутность (по формазину)	Турбидиметрический метод, ПНД Ф 14.1:2:3:4.213-05 (ФР.1.31.2019.34789) Исследование нефилтрованных проб	Спектрофотометр UNICO 2100, United Products & Instruments, Inc., США
Цветность	Фотометрический метод, ПНД Ф 14.1:2:4.207-04 (ФР.1.31.2007.03807) Исследование проб, отфильтрованных через мембранные фильтры с диаметром пор 0,45 мкм	Спектрофотометр UNICO 2100, United Products & Instruments, Inc., США

1	2	3
Биохимическое потребление кислорода (БПК ₅)	Амперометрический метод с БПК-тестером, ПНД Ф 14.1:2:3:4.123-97 (ФР.1.31.2007.03436) Исследование нефилтрованных проб	Анализатор портативный серии АНИОН 7000 (А7040 – кислородомер) с амперометрическим сенсором АСрО ₂ и датчиком температуры ДТ-1, “Инфраспак-Аналит”, Россия
Химическое потребление кислорода (ХПК)	Фотометрический метод с применением анализатора жидкости “Флюорат-02”, ПНД Ф 14.1:2:4.190-2003 (ФР.1.31.2012.12706) Исследование нефилтрованных проб	Анализатор жидкости “Флюорат-02-3М”, ООО “Люмэкс”, Россия
Перманганатная окисляемость (ПО)	Титриметрический метод, ПНД Ф 14.1:2:4.154-99 (ФР.1.31.2013.13900) Исследование нефилтрованных проб	Бюретка с односторонним краном 1-1-2-25-0,1, ПАО “Химлаборприбор”, Россия
Гидрокарбонат-ион (НСО ₃ ⁻)	Метод потенциометрического титрования, ГОСТ 31957-2012 (Метод А.1) Исследование нефилтрованных проб	Титратор потенциометрический, автоматический АТП-02, ЗАО “НПКФ Аквилон”, Россия
Азот аммонийный (N-NH ₄ ⁺)	Фотометрический метод в виде индофенолового синего, РД 52.24.383-2018 (ФР.1.31.2019.33119) Исследование проб, отфильтрованных через мембранные фильтры с диаметром пор 0,45 мкм	Спектрофотометр UNICO 2100, United Products & Instruments, Inc., США
Азот нитратный (N-NO ₃ ⁻)	Фотометрический метод с реактивом Грисса после восстановления в кадмиевом редуторе, РД 52.24.380-2017 (ФР.1.31.2019.32572) Исследование проб, отфильтрованных через мембранные фильтры с диаметром пор 0,45 мкм	Спектрофотометр UNICO 2100, United Products & Instruments, Inc., США
Азот нитритный (N-NO ₂ ⁻)	Фотометрический метод с реактивом Грисса, РД 52.24.381-2017 (ФР.1.31.2019.32573) Исследование проб, отфильтрованных через мембранные фильтры с диаметром пор 0,45 мкм	Спектрофотометр UNICO 2100, United Products & Instruments, Inc., США
Хлорид-ион (Cl ⁻)	Метод атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой, Методика измерений № 88-17641-002-2016 (ФР.1.31.2016.23501) Исследование проб, отфильтрованных через мембранные фильтры с диаметром пор 0,45 мкм	Спектрометр атомно-эмиссионный с индуктивно связанной плазмой Spectro Arcos, Spectro Analytical Instruments GmbH, Германия
Сульфат-ион (SO ₄ ²⁻)	Турбидиметрический метод, РД 52.24.405-2018 (ФР.1.31.2019.32905) Исследование проб, отфильтрованных через мембранные фильтры с диаметром пор 0,45 мкм	Спектрофотометр UNICO 2100, United Products & Instruments, Inc., США
Фосфат-ион (PO ₄ ³⁻) (приведен в расчете на фосфор P-PO ₄ ³⁻)	Фотометрический метод, ПНД Ф 14.1:2:4.248-07 (ФР.1.31.2016.22975) Исследование проб, отфильтрованных через мембранные фильтры с диаметром пор 0,45 мкм	Спектрофотометр UNICO 2100, United Products & Instruments, Inc., США
Общий углерод (C _{общ}), общий неорганический углерод (C _{неорг}), общий органический углерод (C _{орг})	Метод термодинамического окисления с бездисперсионной ИК-регистрацией с помощью анализатора ТОС (Shimadzu), Методика измерений М-02-2405-13 (ФР.1.31.2017.25625) Исследование проб, отфильтрованных через стекловолоконные фильтры с диаметром пор 0,7 мкм	Анализатор общего углерода/азота ТОС-V _{CPN} , Shimadzu Corporation, Япония
Азот общий (N _{общ})	Метод термодинамического окисления с хемилюминесцентным детектированием с помощью анализатора ТОС (Shimadzu), М-02-2405-13 (ФР.1.31.2017.25625) Исследование проб, отфильтрованных через стекловолоконные фильтры с диаметром пор 0,7 мкм	Анализатор общего углерода/азота ТОС-V _{CPN} , Shimadzu Corporation, Япония

1	2	3
Сера общая ($S_{\text{общ}}$); фосфор общий ($P_{\text{общ}}$); кремний (Si); калий (K); натрий (Na); кальций (Ca); магний (Mg); железо (Fe); марганец (Mn); цинк (Zn); медь (Cu); свинец (Pb); кадмий (Cd); никель (Ni); кобальт (Co); хром (Cr); алюминий (Al); ванадий (V); молибден (Mo); бор (B); стронций (Sr); мышьяк (As)	Метод атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой, ПНД Ф 14.1:2:4.135-98 (ФР.1.31.2000.00132) Исследование проб, отфильтрованных через мембранные фильтры с диаметром пор 0,45 мкм	Спектрометр атомно-эмиссионный с индуктивно связанной плазмой Spectro Arcos, Spectro Analytical Instruments GmbH, Германия
Ртуть (Hg)	Атомно-абсорбционный метод с зеемановской коррекцией неселективного поглощения на анализаторе ртути РА-915 (метод “холодного пара”), ПНД Ф 14.1:2:4.243-07 (ФР.1.29.2006.02578) Исследование нефилтрованных проб	Анализатор ртути РА-915М, ООО “Люмэкс-Маркетинг”, Россия
Нефтепродукты (НП)	Флуориметрический метод на анализаторе жидкости “Флюорат-02”, ПНД Ф 14.1:2:4.128-98 (ФР.1.31.2012.13169) Исследование нефилтрованных проб	Анализатор жидкости “Флюорат-02-3М”, ООО “Люмэкс”, Россия
Анионные поверхностно-активные вещества (АПАВ)	Флуориметрический метод на анализаторе жидкости “Флюорат-02”, ПНД Ф 14.1:2:4.158-2000 (ФР.1.31.2014.17189) Исследование нефилтрованных проб	Анализатор жидкости “Флюорат-02-3М”, ООО “Люмэкс”, Россия
Фенол	Метод капиллярной газовой хроматографии с детектором электронного захвата, Методика измерений № 88-17641-001-2019 (ФР.1.31.2019.33465) Исследование нефилтрованных проб	Хроматограф “Кристалл 2000М”, ЗАО СКБ “ХРОМАТЭК”, Россия
Бенз[а]пирен (БП)	Метод высокоэффективной жидкостной хроматографии с флуориметрическим детектированием с использованием жидкостного хроматографа “Люмахром”, ПНД Ф14.1:2:4.186-02 (ФР.1.31.2006.02395) Исследование нефилтрованных проб	Хроматограф жидкостный “Люмахром” со спектрофлуориметрическим детектором, ООО “Люмэкс”, Россия
Полихлорированные бифенилы, ПХБ	Метод газовой хроматографии с электрозахватным детектором, ПНД Ф14.1:2:3:4.204-04 (ФР.1.31.2018.31086) Исследование нефилтрованных проб	Хроматограф “Кристалл 5000.2”, ЗАО СКБ “ХРОМАТЭК”, Россия
Хлорфенолы: 2-хлорфенол; 4-хлорфенол; 2,4-дихлорфенол; 2,6-дихлорфенол; 2,4,6-трихлорфенол	Метод газовой хроматографии с электрозахватным детектором, Оригинальная методика измерений [Коренман и др., 1999] Исследование нефилтрованных проб	Хроматограф “Кристалл 5000.2”, ЗАО СКБ “ХРОМАТЭК”, Россия

РЕЗУЛЬТАТЫ

Выявленные уровни значимости приведены в табл. 3. Показатели не оценивались по критерию Манна – Уитни, если условно фоновые значения были ниже порогов обнаружения. Показатели, относящиеся к приоритетным загрязнителям, поступающим со сточными водами ЦБП, а также те из них, содержание которых в водах близки к ПДК для рыбохозяйственных водоемов (ПДК_{рх}), представлены на диаграммах (рис. 5) в виде их средних значений со стандартными отклонениями.

Поверхностные воды р. Вычегда всех пунктов наблюдений характеризуются сравнительно низкой минерализацией, на что указывают связанные между собой значения удельной электропроводности (90–314 мкСм/см) и минерализации (91–270 мг/дм³) (см. табл. 3). В ионном балансе преобладают гидрокарбонат-ионы (55–150 мг/дм³) и ионы кальция (14,5–33,0 мг/дм³) при относительно невысоком содержании хлорид- и сульфатионов (0,5–10,2 и

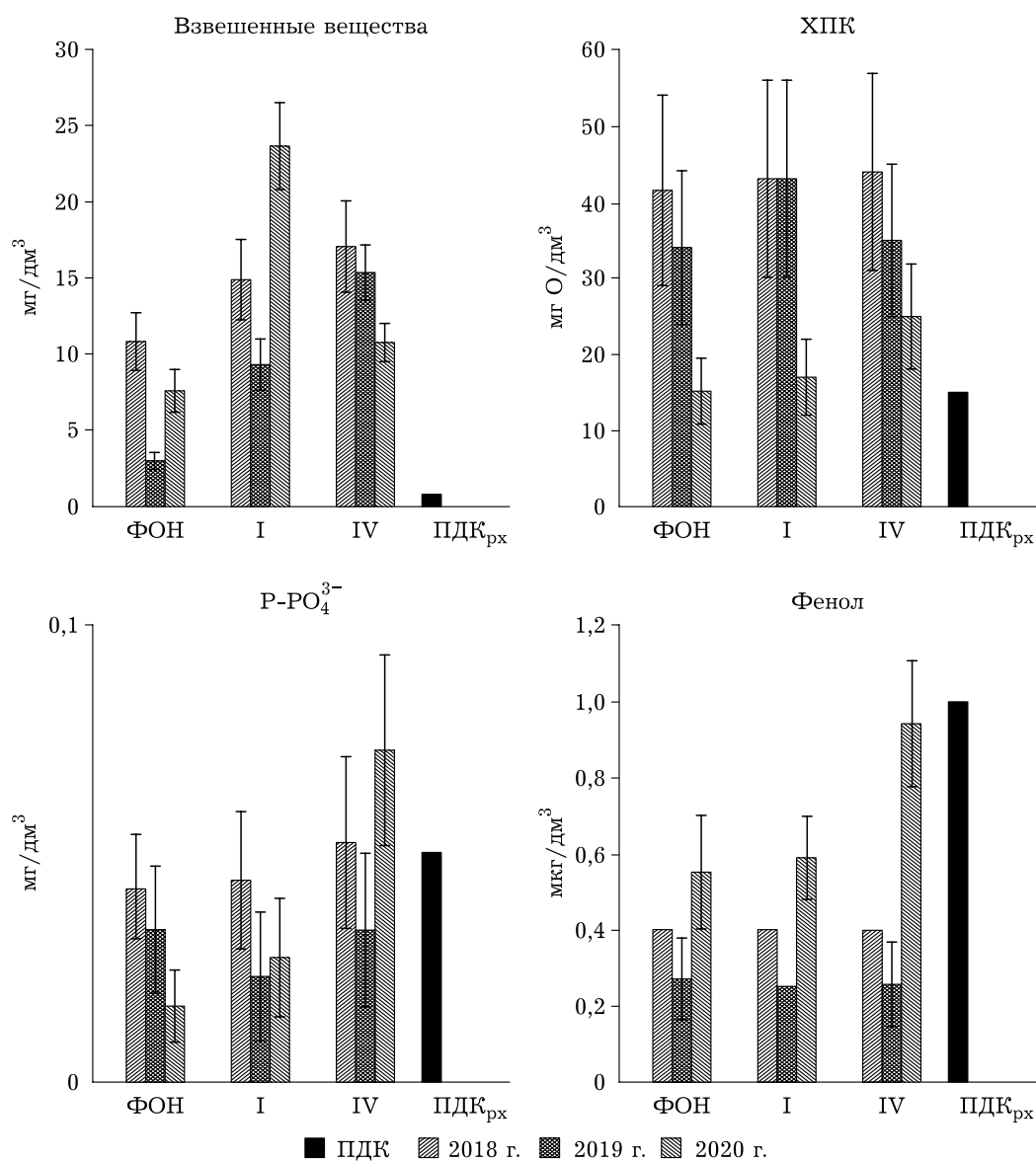


Рис. 5. Показатели, относящиеся к приоритетным загрязнителям, поступающим со сточными водами ЦБП, содержание которых в водах близки к ПДК_{рх} в условно фоновых пунктах наблюдений и в местах сброса сточных вод (пункты I и IV). На диаграммах представлены средние значения и стандартные отклонения

4,7–37 мг/дм³), что соответствует водам гидрокарбонатного класса. Суммарная массовая концентрация ионов кальция, натрия и магния изменяется в диапазоне значений от 20 до 65 мг/дм³, сухой остаток – 111–235 мг/дм³. Активная реакция водной среды нейтральная, значения рН на всех обследованных пунктах наблюдений близки между собой (7,3–7,8). Приведенный выше диапазон значений соответствует многолетним показателям вод р. Вычегда [Водоемы..., 1983; Власова, 1988]. Их изменение зависит в первую очередь от водности реки и сезона.

Сравнительный анализ исследованных показателей в зонах сброса очищенных сточных вод ЦБК АО “Монди СЛПК” и условно фоновых участков за три года наблюдений показал, что в 2018–2019 гг. при более высоком уровне воды в р. Вычегда (см. рис. 3) почти для всех гидрофизических и гидрохимических показателей в местах сброса сточных вод (для пунктов I и IV) не выявлено достоверного превышения значений ($p > 0,05$) над условно фоновыми, за исключением взвешенных веществ (ВВ) и нитратного азота (см. табл. 3). По ВВ на условно фоновых и загрязненных станциях наблюдается превышение рыбохозяйственных нормативов. Максимальные содержания ВВ отмечены в местах сброса очищенных сточных вод в маловодный 2020 г. для пункта I, а в условиях высокой воды в 2018–2019 гг. – для пункта IV (см. рис. 5). Превышение по содержанию N–NO₃⁻ над фоновыми показателями отмечено в пункте I в 2019 г.

В условиях маловодного 2020 г. в пункте IV (место основного сброса очищенных сточных вод) наблюдали более высокие показатели ($p < 0,05$) электропроводности, сухого остатка, концентрации ионов Cl⁻, SO₄²⁻, PO₄³⁻, S_{общ}, K, Na и фенола относительно условно фоновых показателей. Отметим, что данные показатели для пункта IV заметно выше, чем в другие годы наблюдений (см. табл. 3). В маловодный 2020 г. для пункта IV также фиксировали достоверно более высокие ($p < 0,05$) показатели ХПК, перманганатной окисляемости (ПО), мутности и Al, но только относительно фоновых значений этого же года (см. табл. 3).

В месте сброса сточных вод для пункта наблюдений I в маловодный период 2020 г. отмечено статистически достоверное превышение ($p < 0,05$) относительно фоновых значений

ВВ, биохимического потребления кислорода (БПК₅), N–NH₄⁺ и P–PO₄³⁻ (см. табл. 3).

Мутность воды для всех станций изменялась незначительно, максимальные ее величины отмечены в реке в сроки наблюдений с высоким уровнем воды (2018–2019 гг.). За весь период исследований в пункте IV показатель мутности был выше условно фоновых значений, максимальное превышение отмечено ($p = 0,038$) в 2020 г. (см. табл. 3).

Пробы воды всех обследованных пунктов характеризуются высокими значениями цветности – от 45 до 370 градусов цветности (см. табл. 3). Цветность во всех пробах выше предельно допустимой величины этого показателя в питьевой воде (35 градусов цветности), что обусловлено высоким содержанием в водах р. Вычегда природных гуминовых и фульвокислот, а также железа [Власова, 1988].

Показатели БПК₅, ПО и ХПК, значения которых зависят от концентрации органических веществ в пробах воды, имели сходное распределение на условно фоновых и загрязненных станциях. БПК₅ варьирует в диапазоне от 1,2 до 3,5 мг O₂/дм³, ПО – от 4,5 до 23,8 мг/дм³, ХПК – от 15 до 44 мг O/дм³. Из трех измеренных показателей только ХПК значительно превышает нормативное значение во всех пунктах наблюдений, максимальные величины отмечены на станции IV (см. табл. 3, рис. 5).

Концентрация соединений биогенных элементов в воде исследованного участка реки также относительно высокая (см. табл. 3). В водах р. Вычегда для всех пунктов наблюдения основными формами минеральных соединений азота являются аммоний- и нитрат-ионы (см. табл. 3). Для пунктов I и IV в 2019 и 2020 гг. также отмечено присутствие в воде нитрит-ионов (0,026 мг/дм³ в пересчете на азот), которые в летних пробах обычно отсутствуют. Для всех остальных пунктов наблюдения концентрации неорганических азотсодержащих соединений находятся ниже ПДК_{рх}. Отмечена высокая массовая концентрация фосфат-ионов, для всех пунктов наблюдений она находится в диапазоне (дана в пересчете на фосфор) от 0,016 до 0,072 мг/дм³, что в ряде случаев превышает значения ПДК_{рх} для этого соединения (см. табл. 3, рис. 5). Содержание общего фосфора по пунктам наблюдения изменялось от 0,036 до 0,059 мг/дм³.

Т а б л и ц а 3
Гидрохимические и гидрофизические показатели р. Вычегда в местах сброса очищенных сточных вод и условно фоновых участках (июль 2018–2020 гг.)

Показатели	ПДК _{рх}	2018				2019				2020			
		Условно фоновый	I	IV	Условно фоновый	I	IV	Условно фоновый	I	IV	Условно фоновый	I	IV
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11			
pH	6,5–8,5	7,4 ± 0,2	7,5 ± 0,2 (p = 0,513)	7,3 ± 0,2 (p = 0,513)	7,30 ± 0,2	7,4 ± 0,2 (p = 0,513)	7,4 ± 0,2 (p = 0,513)	7,4 ± 0,2	7,6 ± 0,2 (p = 0,513)	7,8 ± 0,2 (p = 0,127)			
Прозрачность, см	н/у	26 ± 3	24,3 ± 2,4 (p = 0,20)	20,9 ± 2,1 (p = 0,19)	>30	28,1 ± 0,1 (p = 0,66)	26,5 ± 0,1 (p = 1,00)	>30	>30	>30			
Цветность, градус цветности	н/у	360 ± 40	370 ± 40 (p = 0,70)	370 ± 40 (p = 0,70)	200 ± 20 (p = 0,80)	270 ± 30 (p = 0,25)	200 ± 20	47 ± 10	45 ± 9 (p = 1,00)	72 ± 7 (p = 0,080)			
Удельная электропроводность, мксм/см	н/у	114 ± 12	106 ± 11 (p = 0,371)	108 ± 11 (p = 0,436)	90 ± 5	98 ± 5 (p = 0,801)	128 ± 6 (p = 1,00)	216 ± 11	218 ± 11 (p = 0,436)	314 ± 16 (p = 0,028)			
Минерализация, мг/дм ³ (рассчитана по сумме ионов)	н/у	95 ± 23	93 ± 23 (p = 0,513)	91 ± 23 (p = 0,655)	96 ± 23	98 ± 23 (p = 0,513)	110 ± 25 (p = 0,513)	200 ± 50	200 ± 50 (p = 1,00)	270 ± 60 (p = 0,127)			
Сухой остаток, мг/дм ³	н/у	127 ± 12	123 ± 11 (p = 0,436)	120 ± 11 (p = 0,436)	119 ± 11	111 ± 10 (p = 0,201)	123 ± 11 (p = 1,00)	157 ± 15	150 ± 14 (p = 0,70)	235 ± 21 (p = 0,028)			
ВВ*, мг/дм ³	0,25(0,75) превышение над фоном	10,8 ± 1,9	14,8 ± 2,7 (p = 0,038)	17,0 ± 3,0 (p = 0,020)	3,0 ± 0,5	9,3 ± 1,7 (p = 0,796)	15,3 ± 1,8 (p = 0,020)	7,6 ± 1,4	23,6 ± 2,8 (p = 0,020)	10,7 ± 1,3 (p = 0,126)			
БПК ₅ , мгО ₂ /дм ³	не более 3,0	1,20 ± 0,17	1,29 ± 0,18 (p = 0,439)	1,43 ± 0,20 (p = 0,071)	3,5 ± 0,5	3,1 ± 0,4 (p = 0,439)	3,2 ± 0,5 (p = 0,698)	2,00 ± 0,27	2,8 ± 0,4 (p = 0,039)	1,82 ± 0,26 (p = 0,606)			
XПК, мгО/дм ³	15	42 ± 13	43 ± 13 (p = 0,439)	44 ± 13 (p = 0,439)	34 ± 10	43 ± 13 (p = 1,00)	35 ± 10 (p = 0,366)	15 ± 5	17 ± 5 (p = 0,606)	25 ± 7 (p = 0,038)			
ПО, мг/дм ³	н/у	21,8 ± 2,2	19,8 ± 2,0 (p = 0,245)	23,8 ± 2,4 (p = 0,302)	13,5 ± 1,3	18,2 ± 1,8 (p = 0,897)	14,1 ± 1,4 (p = 0,519)	4,5 ± 0,5	6,2 ± 0,6 (p = 0,081)	7,9 ± 0,8 (p = 0,028)			
Мутность, ЕМФ	н/у	16,0 ± 2,3	18,3 ± 2,6 (p = 0,366)	17,6 ± 2,5 (p = 0,519)	5,9 ± 1,2	8,7 ± 1,7 (p = 0,245)	9,5 ± 1,9 (p = 0,155)	7,5 ± 1,5	6,9 ± 1,4 (p = 0,897)	12 ± 2,4 (p = 0,038)			
N-NH ₄ ⁺ , мг/дм ³	0,5	<0,020	<0,020	<0,020	<0,010	<0,010	<0,010	0,022 ± 0,006	0,074 ± 0,017 (p = 0,020)	0,030 ± 0,007 (p = 0,121)			
N-NO ₃ ⁻ , мг/дм ³	40	<0,010	<0,010	<0,010	0,015 ± 0,008	0,066 ± 0,020 (p = 0,028)	0,025 ± 0,007 (p = 0,980)	<0,010	0,033 ± 0,012	<0,010			
N-NO ₂ ⁻ , мг/дм ³	0,08	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,026 ± 0,007	<0,010	0,026 ± 0,007	<0,010			
N _{общ.} , мг/дм ³	2	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5			

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Cl ⁻ , мг/дм ³	300	0,79 ± 0,18	1,10 ± 0,24 (p = 0,070)	0,96 ± 0,21 (p = 0,302)	<0,5	0,82 ± 0,18	1,21 ± 0,27	2,9 ± 0,5	3,1 ± 0,5 (p = 0,439)	10,2 ± 1,3 (p = 0,020)
HCO ₃ ⁻ , мг/дм ³	н/у	57 ± 7	58 ± 7 (p = 0,519)	55 ± 7 (p = 0,519)	66 ± 8	67 ± 8 (p = 0,897)	72 ± 9 (p = 0,796)	136 ± 29	131 ± 27 (p = 0,606)	150 ± 30 (p = 0,519)
C _{неорг} , мг/дм ³	н/у	11,3 ± 1,4	10,7 ± 1,3 (p = 0,439)	10,5 ± 1,3 (p = 0,439)	8,8 ± 1,1	8,6 ± 1,0 (p = 0,197)	10,1 ± 1,2 (p = 0,606)	23,1 ± 2,8	23,1 ± 2,8 (p = 1,00)	25 ± 3 (p = 0,439)
C _{общ} , мг/дм ³	н/у	30 ± 4	30 ± 4 (p = 0,897)	29 ± 3 (p = 0,698)	30 ± 4	29 ± 4 (p = 1,00)	27 ± 3 (p = 0,439)	29 ± 3	29 ± 4 (p = 0,897)	33 ± 4 (p = 0,156)
C _{орг} , мг/дм ³	н/у	18 ± 6	19 ± 6 (p = 0,796)	18 ± 6 (p = 0,796)	21 ± 5	21 ± 5 (p = 0,796)	17 ± 5 (p = 0,519)	-	-	-
SO ₄ ²⁻ , мг/дм ³	100	6,5 ± 0,9	4,7 ± 0,8 (p = 0,053)	6,3 ± 0,9 (p = 897)	5,9 ± 0,8	5,6 ± 0,8 (p = 1,00)	8,1 ± 1,1 (p = 0,897)	18,1 ± 2,3	19,8 ± 2,5 (p = 0,245)	37 ± 5 (p = 0,020)
S _{общ} , мг/дм ³	н/у	3,1 ± 0,8	2,6 ± 0,6 (p = 0,302)	2,5 ± 0,6 (p = 0,245)	2,4 ± 0,6	2,0 ± 0,5 (p = 1,00)	3,0 ± 0,7 (p = 0,606)	6,5 ± 1,2	6,2 ± 1,1 (p = 0,439)	15,8 ± 2,8 (p = 0,020)
P-PO ₄ ³⁻ , мг/дм ³	0,050	0,042 ± 0,007	0,044 ± 0,007 (p = 0,513)	0,052 ± 0,007 (p = 0,127)	0,033 ± 0,005 (p = 0,127)	0,023 ± 0,004 (p = 0,127)	0,033 ± 0,005 (p = 1,00)	0,0163 ± 0,0026	0,027 ± 0,004 (p = 0,0495)	0,072 ± 0,019 (p = 0,020)
P _{общ} , мг/дм ³	н/у	0,059 ± 0,019	0,056 ± 0,018 (p = 0,796)	0,053 ± 0,017 (p = 0,606)	0,041 ± 0,017 (p = 0,245)	0,039 ± 0,016 (p = 0,245)	0,041 ± 0,017 (p = 0,245)	<0,02	0,036 ± 0,015	0,055 ± 0,018
Si, мг/дм ³	н/у	3,6 ± 0,5	3,8 ± 0,6 (p = 0,519)	3,7 ± 0,6 (p = 0,698)	2,8 ± 0,4	2,9 ± 0,4 (p = 0,519)	2,8 ± 0,4 (p = 0,897)	2,5 ± 0,4	2,7 ± 0,4 (p = 0,519)	2,5 ± 0,4 (p = 0,796)
Ca, мг/дм ³	180	18,0 ± 2,9	16,5 ± 2,6 (p = 0,513)	16,4 ± 2,6 (p = 0,513)	14,5 ± 2,3	14,7 ± 2,3 (p = 0,275)	17,8 ± 2,8 (p = 0,127)	29 ± 5	29 ± 5	33 ± 5 (p = 0,513)
Mg, мг/дм ³	40	3,8 ± 0,6	3,4 ± 0,5 (p = 0,302)	3,3 ± 0,5 (p = 0,197)	3,0 ± 0,4	2,9 ± 0,4 (p = 0,156)	3,6 ± 0,5 (p = 0,606)	6,9 ± 1,1	7,1 ± 1,1 (p = 0,698)	7,1 ± 1,1 (p = 0,439)
K, мг/дм ³	50	0,60 ± 0,14	0,69 ± 0,17 (p = 0,519)	0,66 ± 0,16 (p = 0,519)	0,31 ± 0,07	0,43 ± 0,10 (p = 0,897)	0,57 ± 0,14 (p = 0,519)	0,79 ± 0,19	0,94 ± 0,23 (p = 0,519)	2,5 ± 0,4 (p = 0,028)
Na, мг/дм ³	120	3,2 ± 0,5	3,3 ± 0,5 (p = 0,519)	3,2 ± 0,5 (p = 0,796)	2,3 ± 0,3	2,7 ± 0,4 (p = 0,796)	3,1 ± 0,5 (p = 1,00)	6,0 ± 0,9	6,5 ± 1,0 (p = 0,519)	25 ± 4 (p = 0,028)
Fe, мг/дм ³	0,10	1,05 ± 0,16	1,00 ± 0,15 (p = 0,796)	0,99 ± 0,15 (p = 0,606)	0,53 ± 0,08	0,51 ± 0,08 (p = 0,245)	0,62 ± 0,09 (p = 0,796)	<0,05	<0,05	0,052 ± 0,012
НП, мг/дм ³	0,05	<0,005	0,0051 ± 0,0026	0,008 ± 0,004	<0,005	<0,005	0,005 ± 0,003	<0,005	0,006 ± 0,003	0,006 ± 0,003
АПAB, мг/дм ³	0,1	<0,025	0,028 ± 0,011	0,028 ± 0,011	<0,025	<0,025	<0,025	<0,025	<0,025	0,029 ± 0,011
Mn, мкг/дм ³	10	9,2 ± 2,9	9,1 ± 2,9 (p = 0,519)	8,3 ± 2,7 (p = 0,519)	11 ± 4	14 ± 5 (p = 0,156)	8,3 ± 2,7 (p = 1,00)	1,2 ± 0,4	1,4 ± 0,4 (p = 0,156)	1,1 ± 0,4 (p = 0,519)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Zn, мкг/дм ³	10	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
Cu, мкг/дм ³	10	<1,0	1,2 ± 0,5	<1,0	<1,0	1,1 ± 0,5	<1,0	<1,0	<1,0	2,2 ± 0,9
Pb, мкг/дм ³	6	<4,0	<4,0	<4,0	<4,0	<4,0	<4,0	<4,0	<4,0	<4,0
Cd, мкг/дм ³	5	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Ni, мкг/дм ³	10	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
Co, мкг/дм ³	10	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
Cr, мкг/дм ³	0,07	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
Mo, мкг/дм ³	1	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
St, мкг/дм ³	400	106 ± 21	91 ± 18 (p = 0,366)	90 ± 18 (p = 0,302)	81 ± 16	76 ± 15 (p = 0,245)	94 ± 19 (p = 0,897)	185 ± 40	180 ± 40 (p = 0,796)	180 ± 40 (p = 0,796)
Al, мкг/дм ³	40	48 ± 15	53 ± 13 (p = 0,519)	48 ± 15 (p = 0,796)	78 ± 19	76 ± 18 (p = 0,519)	36 ± 12 (p = 0,519)	14 ± 5	16 ± 5 (p = 0,519)	27 ± 9 (p = 0,039)
V, мкг/дм ³	н/у	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
B, мкг/дм ³	н/у	12 ± 4	13 ± 4 (p = 0,439)	12 ± 4 (p = 1,00)	8,4 ± 2,9	11 ± 4 (p = 1,00)	12 ± 4 (p = 0,796)	20 ± 7	21 ± 7 (p = 0,439)	22 ± 7 (p = 0,439)
As, мкг/дм ³	50	1,1 ± 0,5	1,5 ± 0,6 (p = 0,519)	1,5 ± 0,6 (p = 0,519)	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
Hg, мкг/дм ³	отсутст. (0,01)	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,08 ± 0,03	<0,01	<0,01	<0,01
БП, нг/дм ³	н/у	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Фенол, мкг/дм ³	1	<0,25	0,29 ± 0,12	0,27 ± 0,11	0,27 ± 0,11	<0,25	0,26 ± 0,10	0,55 ± 0,10	0,59 ± 0,11 (p = 0,827)	0,94 ± 0,17 (p = 0,020)
ПХБ, мкг/дм ³	отсутст.	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
2-хлорфенол, мкг/дм ³	0,1	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
4-хлорфенол, мкг/дм ³	н/у	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
2,4-дихлорфенол, мкг/дм ³	0,1	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
2,6-дихлорфенол, мкг/дм ³	н/у	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
2,4,6-трихлорфенол, мкг/дм ³	0,1	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05

П р и м е ч а н и е. Расшифровка показателей приведена в табл. 2. Жирный шрифт – показатели выше ПДК_{гх} (гх – рыбохозяйственный), ±Δ – границы интервала абсолютной погрешности при $p = 0,95$. Знаком “<” отмечены значения ниже диапазона определения; н/у – не установлена. В скобках – результат сравнения (уровень значимости) средних значений показателей в пунктах сброса сточных вод с условно фоновыми показателями по критерию Манна – Уитни, статистически значимые различия выделены жирным курсивом.

Берега р. Вычегда и ее притоков на многих участках сложены легко размываемыми породами, содержащими соединения железа и алюминия [Атлас..., 2010]. Указанные факторы определяют их высокие концентрации (выше ПДК_{рх}) почти во всех пробах воды: Fe – от 0,052 до 1,05 мг/дм³, Al – от 14 до 78 мкг/дм³. Концентрация кремния в исследованных пробах 2,5–3,8 мг/дм³, что обычно для речных вод. Значения массовой концентрации большинства исследованных тяжелых металлов (Zn, Cu, Pb, Cd, Ni, Co, Cr, Mo, V, Hg) в пробах воды как на условно фоновых пунктах, так и в местах сброса сточных вод были ниже предела определения (см. табл. 3). Превышение ПДК_{рх} в пробах воды по Mn отмечено в полноводный 2019 г. как на условно фоновом пункте наблюдений (11 мкг/дм³), так и в месте сброса условно чистых вод в пункте I (14 мкг/дм³). Содержание Sr было максимальным в период малой воды в 2020 г. (180–185 мкг/дм³).

В воде всех пунктов наблюдения концентрации нефтепродуктов, бенз[а]пирена и анионных поверхностно-активных веществ (АПАВ) были ниже предела определения (см. табл. 3). Содержание фенола в исследованных пробах варьирует в диапазоне значений от 0,25 до 0,94 мкг/дм³, что ниже ПДК_{рх} (см. рис. 5). Также в воде р. Вычегда на исследованных станциях выявлены только следовые количества хлорированных фенолов (2-хлорфенол, 4-хлорфенол, 2,4-дихлорфенол, 2,6-дихлорфенол, 2,4,6-трихлорфенол), а полихлорированные бифенилы не обнаружены.

ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты проведенного анализа свидетельствуют о схожем химическом составе проб воды в исследованных пунктах. Основные гидрохимические показатели качества воды (минерализация, содержание ионов кальция, магния, хлорид-ионов, сульфат-ионов, нитрат-ионов, тяжелых металлов, нефтепродуктов, АПАВ, бенз[а]пирена и др.) находятся в пределах нормы, причем их значение существенно ниже ПДК_{рх}. Большинство из этих показателей соответствуют многолетним значениям, наблюдаемым в летний период для вод р. Вычегда [Водоемы..., 1983; Власова, 1988]. Превышения ПДК_{рх} на всех

сравниваемых пунктах наблюдений отмечены лишь для отдельных показателей: ВВ, ХПК и железа (см. табл. 3, рис. 5). Для ряда пунктов наблюдений не соответствуют нормативным требованиям по содержанию в воде концентрации фосфат-ионов, марганца и алюминия. Близкими к ПДК_{рх} были значения БПК₅ (см. табл. 3). Многолетние наблюдения Северного территориального управления по гидрометеорологии и контролю природной среды за качеством вод в среднем течении р. Вычегда также свидетельствуют о регулярном превышении в воде ПДК_{рх} по содержанию аммонийного азота, ВВ, железа, марганца, алюминия, меди, фенола, нефтепродуктов и показателей ХПК и БПК₅ [Власова, 1988]. Повышение концентрации большинства из перечисленных показателей имеет не только антропогенное (высокая концентрация населенных пунктов, промышленных и сельскохозяйственных предприятий), но и природное происхождение. Воды р. Вычегда обогащены органическими веществами, что обусловлено преимущественно равнинным рельефом территории, значительной ее заболоченностью, отсутствием многоводных горных притоков [Водоемы..., 1983; Власова, 1988]. Следует также отметить, что в 2020 г. в период с низким уровнем воды отмечено общее снижение для всех пунктов наблюдений цветности, ХПК, ПО, а также содержания Mn, Al и Fe (см. табл. 3). Скорее всего, это связано с заметным уменьшением поступления в русло реки из окружающих болотных комплексов и антропогенных ландшафтов стоков с растворенными в них органическими и минеральными соединениями.

Анализ качества вод, проведенный Т. А. Власовой [1988] для главных рек Коми АССР, показал, что в 80-е годы прошлого века воды р. Вычегда ниже стоков с очистных сооружений Сыктывкарского ЛПК (современный АО “Монди СЛПК”) всевозможно содержали с превышением ПДК аммонийный азот, фенолы, нефтепродукты, ряд тяжелых металлов, а также лигносульфаты, метанол, фурфурол и формальдегид. В настоящее время в связи с изменением технологии, используемой на очистных сооружениях АО “Монди СЛПК”, и их масштабной модернизацией (завершена в 2019 г.) [Шетинин и др., 2010] произошло заметное улучшение качества вод в зонах их сброса [Государственный до-

клад..., 2020], что подтверждают и наши результаты.

Тем не менее в маловодный 2020 г. наблюдали заметное превышение относительно фоновых значений Cl^- , SO_4^{2-} , $S_{\text{общ}}$, PO_4^{3-} , K, Na, фенола для пункта IV, принимающего очищенные стоки с внеплощадочных очистных сооружений (см. табл. 3). Среди перечисленных показателей почти все имели повышенные концентрации в сточных водах целлюлозно-бумажных комбинатов [Poole et al., 1977; Филина и др., 1998; Максименко и др., 2000; Байбородин, 2011; Штамм и др., 2015]. Необходимо отметить, что превышения данных веществ в другие годы наблюдений не выявлено, значит, их концентрации в сточной воде после их очистки не столь существенны. Повышенные значения ХПК, ПО, мутности, $P_{\text{общ}}$, АПАВ и Al в пункте IV относительно значений в других пунктах только в маловодном 2020 г., вероятно, также можно объяснить низким их содержанием в сточной воде.

По значениям основных гидрофизических (ВВ, прозрачность, цветность) и гидрохимических (рН, NH_4^+ , NO_3^- , NO_2^- , $N_{\text{общ}}$, PO_4^{3-} , $P_{\text{общ}}$, ПО, ХПК, БПК₅) показателей согласно “Комплексной классификации качества поверхностных вод суши” [Оксиюк и др., 1993] воды обследованных пунктов по эколого-санитарным показателям могут быть отнесены к 3-му классу качества (удовлетворительно чистая) с разрядом качества 3б (слабо загрязненная) на пунктах наблюдений I (правый и левый берег), IV (правый берег), и к 4-му классу качества воды (загрязненная) с разрядом качества 4а (умеренно загрязненная) в пункте наблюдений IV (левый берег, место сброса сточных вод). По эколого-токсикологическим показателям (содержание токсических веществ – тяжелые металлы, нефтепродукты и фенол) [Оксиюк и др., 1993] воды всех станций обследования могут быть отнесены к 3-му классу качества воды (удовлетворительно чистая), с разрядом качества вод 3б – слабо загрязненная.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ проб воды р. Вычегда, отобранных в 2018–2020 гг. в местах гидробиологических сборов, выявил, что и на условно фоновых и испытывающих воздействие очищенных сточных вод пунктах наблюдений состав вод

по основным показателям качества соответствует нормативным требованиям. Полученные значения близки к многолетним среднестатистическим величинам, характерным для р. Вычегда в летний сезон. Как для условно фоновых, так и принимающих сточные воды пунктов наблюдений отмечены превышения в воде ПДК_{рх} по ВВ, ХПК, PO_4^{3-} , Fe, Al и Mn. Это связано с влиянием не только антропогенных, но и природных факторов.

Исследования показали, что в связи с модернизацией очистных сооружений АО “Монди СЛПК” происходит заметное улучшение качества сточных вод и снижение экологической нагрузки на экосистему р. Вычегда в местах их сброса. Так, в 2018–2019 гг. при высоком уровне воды в р. Вычегда почти для всех исследованных гидрофизических и гидрохимических показателей в местах сброса очищенных сточных вод не выявлено достоверного превышения значений над условно фоновыми, за исключением ВВ.

Воздействие загрязняющих веществ удалось зарегистрировать только в 2020 г. в условиях малой воды при уменьшении степени разбавления речными водами стоков с очистных сооружений. На пунктах наблюдения в местах сброса сточных вод отмечено повышение концентрации ВВ, ионов Cl^- , SO_4^{2-} , PO_4^{3-} , NH_4^+ , $S_{\text{общ}}$, K, Na, фенола, а также показателей ХПК, ПО, мутности. Полученные для маловодного периода результаты наглядно демонстрируют как эффективность модернизации очистных сооружений АО “Монди СЛПК” (даже в маловодный период по большинству показателей не отмечено превышения ПДК_{рх}), так и целесообразность дальнейшей разработки и реализации мероприятий по оптимизации системы очистки сточных вод объектов ЦБП. Очевидно, что прогнозируемое потепление климата неизбежно будет приводить к общему снижению уровня воды в северных реках, это в свою очередь увеличивает риски их загрязнения при поступлении больших объемов сточных вод в условиях роста антропогенной нагрузки и климатических изменений [Whitehead et al., 2009; Моргунов и др., 2019].

По эколого-санитарным и токсикологическим показателям воды обследованных пунктов наблюдений могут быть отнесены к 3-му классу качества воды (удовлетворительно чистая), что отражают и гидробиологические

показатели – состав и структура сообществ гидробионтов.

Исследование выполнено в рамках темы Государственного задания № АААА-А19-119011790022-1 и при финансовой поддержке проекта “Оценка долговременного влияния АО “Монди СЛПК” (договор № 45-2018/180405). Авторы статьи признательны сотрудникам ИБ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН: с. н. с. М. А. Батуриной за помощь при сборе проб поверхностных вод, инженеру Е. А. Роговцевой за помощь в подготовке карты-схемы, а также сотрудникам экоаналитической лаборатории за проведение химического анализа проб.

ЛИТЕРАТУРА

- Атлас по климату и гидрологии Республики Коми / под ред. А. И. Таскаева. М.: Дрофа, ДиК, 1997. 116 с.
- Атлас почв Республики Коми / под ред. Г. В. Добровольского, А. И. Таскаева, И. В. Забоевой. Сыктывкар, 2010. 356 с.
- Байборodin А. М., Воронцов К. Б., Богданович Н. И. Разработка системы локальной очистки сильнозагрязненных сточных вод целлюлозно-бумажных предприятий // Вода: химия и экология. 2011. № 8. С. 16–21.
- Батурина М. А., Кононова О. Н. Влияние сточных вод предприятий целлюлозно-бумажной промышленности на водные экосистемы: обзор литературы // Сиб. экол. журн. 2021. Т. 28, наст. вып. С. 685–695. doi: 10.15372/SEJ20210601 [Baturina M. A., Kononova O. N. Impact of waste waters from the pulp and paper industry on aquatic zoocenoses: a review of the literature // Contemporary Problems of Ecology. 2021. Vol. 14, N 6].
- Батурина М. А., Фефилова Е. Б., Лоскутова О. А. Состояние бентосных сообществ реки Вычегда в условиях влияния очищенных сточных вод целлюлозно-бумажного производства // Сиб. экол. журн. 2021. Т. 28, наст. вып. С. 725–736. doi: 10.15372/SEJ20210604 [Baturina M. A., Fefilova E. B., Loskutova O. A. State of benthic communities of Vychegda River under influence of treated wastewater from pulp and paper industry // Contemporary Problems of Ecology. 2021. Vol. 14, N 6].
- Боголицын К. Г., Соболева Т. В., Гусакова М. А. Научные основы эколого-аналитического контроля промышленных сточных вод ЦБП. Екатеринбург: УрО РАН, 2010. 168 с.
- Власова Т. А. Гидрохимия главных рек Коми АССР. Сыктывкар: Коми НЦ УрО РАН, 1988. 152 с.
- Водоёмы бассейнов рек Печоры и Вычегды (современное состояние и перспективы использования) // Тр. Коми филиала АН СССР, № 57. Сыктывкар, 1983. 147 с.
- ГОСТ 31861-2012 Вода. Общие требования к отбору проб. М., 2013. 60 с.
- ГОСТ 31957-2012 Вода. Методы определения щелочности и массовой концентрации карбонатов и гидрокарбонатов. М., 2014. 26 с.
- Государственный водный реестр. Минприроды России [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://textual.ru/gvg> (дата обращения: 07.04.2021).
- Государственный доклад “О состоянии окружающей среды Республики Коми в 2019 году”: гос. доклад / Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Коми. Сыктывкар: ГБУРК “Территориальный фонд информации Республики Коми”, 2020. 162 с.
- Елсаков В. В., Щанов В. М. Спутниковые методы в анализе изменений экосистем бассейна р. Вычегда // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2016. Т. 13, № 4. С. 135–145.
- Зверева О. С. Особенности биологии главных рек Коми АССР в связи с историей их формирования. Л.: Наука. Ленингр. отд-ние, 1969. 279 с.
- Кононова О. Н. Зоопланктон реки Вычегда в зоне влияния стоков целлюлозно-бумажного производства // Сиб. экол. журн. 2021. Т. 28, наст. вып. С. 715–724. doi: 10.15372/SEJ20210603 [Kononova O. N. Zooplankton of the Vychegda River under the conditions of treated wastewater from pulp and paper industry // Contemporary Problems of Ecology. 2021. Vol. 14, N 6].
- Коренман Я. И., Груздев И. В., Кондратёнок Б. М., Фокин В. Н. Условия бромирования и газохроматографическое определение фенолов в питьевой воде // Журн. аналит. химии. 1999. Т. 54, № 12. С. 1134–1138.
- Личутина Т. Ф., Мискевич И. В., Бровко О. С. Оптимизация нормирования сброса стоков предприятий ЦБП в водотоки. Екатеринбург: УрО РАН, 2005. 211 с.
- Максименко П. Ю., Скурлатов Ю. И., Козлов Ю. П., Фрог Б. Н., Штамм Е. В., Козлова Н. Б. Вероятная роль серосодержащих соединений в формировании токсических свойств сточных вод целлюлозно-бумажного производства // Вестн. РУДН. Сер. Экология и безопасность жизнедеятельности. 2000. № 4. С. 63–70.
- Методика измерений № 88-17641-001-2019 (ФР.1.31.2019.33465) Вода питьевая, природная (поверхностная, подземная, грунтовая), сточная, в том числе очищенная, атмосферные осадки и снежный покров. Методика измерений массовой концентрации фенола методом капиллярной газовой хроматографии. Сыктывкар, 2019. 34 с.
- Методика измерений № 88-17641-002-2016 (ФР.1.31.2016.23501) Вода питьевая, природная (поверхностная, подземная), сточная, в том числе очищенная, атмосферные осадки и снежный покров. Методика измерений массовой концентрации хлорид-ионов методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой. Сыктывкар, 2016. 26 с.
- Методика измерений М-02-2405-13 (ФР.1.31.2017.25625) Методика измерений массовой концентрации общего углерода, общего неорганического углерода, общего органического углерода, нелетучего органического углерода и общего азота в питьевых, природных (в том числе подземных), сточных и технологических водах с помощью анализатора ТОС (Shimadzu). СПб., 2013. 19 с.
- Моргунов Б. А., Терентьев А. А., Козельцев М. Л. Оценка трансграничных рисков и глобальных последствий изменений климата и экономической деятельности в бассейнах Арктических морей // Изв. РАН. Сер. геогр. 2019. № 2. С. 100–108.
- Оксиок О. П., Жукинский В. Н., Брагинский П. Н., Линник П. Н., Кузьменко М. И., Кленус В. Г. Комплексная экологическая классификация качества поверхностных вод суши // Гидробиол. журн. 1993. Т. 29, № 4. С. 62–76.

- Патова Е. Н., Стенина А. С., Шабалина Ю. Н., Стерлягова И. Н. Сообщества фитопланктона как показатель состояния экосистемы р. Вычегда в зоне поступления сточных вод, содержащих стоки лесопромышленного комплекса // Сиб. экол. журн. 2021. Т. 28, наст. вып. С. 746–756. doi: 10.15372/SEJ20210606 [Patova E. N., Stenina A. S., Shabalina Y. N., Sterlyagova I. N. Phytoplankton communities of the Vychehda River in the zone of treated wastewater inflow of the pulp and paper industry // Contemporary Problems of Ecology. 2021. Vol. 14, N 6].
- ПНД Ф 14.1:2:3:4.123-97 (ФР.1.31.2007.03436) Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений биохимического потребления кислорода после *n*-дней инкубации (БПК_{полн}) в поверхностных пресных, подземных (грунтовых), питьевых, сточных и очищенных сточных водах. М., 2004. 26 с.
- ПНД Ф 14.1:2:3:4.204-04 (ФР.1.31.2018.31086) Методика измерений массовых концентраций хлорорганических пестицидов и полихлорированных бифенилов в пробах питьевых, природных и сточных вод методом газовой хроматографии. М., 2018. 28 с.
- ПНД Ф 14.1:2:3:4.213-05 (ФР.1.31.2019.34789) Количественный химический анализ вод. Методика измерений мутности проб питьевых, природных поверхностных, природных подземных и сточных вод турбидиметрическим методом по каолину и по формазину. М., 2019. 25 с.
- ПНД Ф 14.1:2:4.128-98 (ФР.1.31.2012.13169) Количественный химический анализ вод. Методика измерений массовой концентрации нефтепродуктов в пробах природных, питьевых, сточных вод флуориметрическим методом на анализаторе жидкости “Флюорат-02”. СПб., 2012. 25 с.
- ПНД Ф 14.1:2:4.135-98 (ФР.1.31.2000.00132) Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений массовой концентрации элементов в пробах питьевой, природных, сточных вод и атмосферных осадков методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой. СПб., 2008. 24 с.
- ПНД Ф 14.1:2:4.154-99 (ФР.1.31.2013.13900) Количественный химический анализ вод. Методика измерений перманганатной окисляемости в пробах питьевых, природных и сточных вод титриметрическим методом. М., 2012. 11 с.
- ПНД Ф 14.1:2:4.158-2000 (ФР.1.31.2014.17189) Количественный химический анализ вод. Методика измерений массовой концентрации анионных поверхностно-активных веществ в пробах природных, питьевых и сточных вод флуориметрическим методом на анализаторе жидкости “Флюорат-02”. СПб., 2014. 23 с.
- ПНД Ф 14.1:2:4.186-02 (ФР.1.31.2006.02395) Количественный химический анализ вод. Методика измерений массовой концентрации бенз[а]пирена в пробах природных, питьевых (в том числе расфасованных в емкости) и сточных вод методом высокоэффективной жидкостной хроматографии с флуориметрическим детектированием с использованием жидкостного хроматографа “Люмахром”. СПб., 2015. 44 с.
- ПНД Ф 14.1:2:4.190-2003 (ФР.1.31.2012.12706) Количественный химический анализ вод. Методика измерений бихроматной окисляемости (химического потребления кислорода) в пробах природных, питьевых и сточных вод фотометрическим методом с применением анализатора жидкости “Флюорат-02”. СПб., 2012. 24 с.
- ПНД Ф 14.1:2:4.207-04 (ФР.1.31.2007.03807) Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений цветности питьевых, природных и сточных вод фотометрическим методом. М., 2004. 11 с.
- ПНД Ф 14.1:2:4.243-07 (ФР.1.29.2006.02578) Методика выполнения измерений массовой концентрации общей ртуты в пробах природных, питьевых, поверхностных, морских и очищенных сточных вод атомно-абсорбционным методом с зеemanовской коррекцией неселективного поглощения на анализаторе ртуты РА 915+ с приставкой РП-91. СПб., 2006. 22 с.
- ПНД Ф 14.1:2:4.248-07 (ФР.1.31.2016.22975) Количественный химический анализ вод. Методика измерений массовых концентраций ортофосфатов, полифосфатов и фосфора общего в пробах питьевых, природных и сточных вод фотометрическим методом. М., 2016. 16 с.
- ПНД Ф 14.1:2:4.254-09 (ФР.1.31.2018.29036) Количественный химический анализ вод. Методика измерений массовых концентраций взвешенных и прокаленных взвешенных веществ в пробах питьевых, природных и сточных вод гравиметрическим методом. М., 2017. 13 с.
- ПНД Ф 14.1:2:4.261-2010 (ФР.1.31.2015.21954) Количественный химический анализ вод. Методика измерений массовой концентрации сухого и прокаленного остатка в пробах питьевых, природных и сточных вод гравиметрическим методом. М., 2015. 11 с.
- Рафиков Р. Р. Локальные изменения рыбного населения крупных рек европейского северо-востока России в условиях техногенного воздействия // Сиб. экол. журн. 2021. Т. 28, наст. вып. С. 757–766. doi: 10.15372/SEJ20210607 [Rafikov R. R. The fish part of community of the Vychehda River in the areas of treated wastewater influence of the pulp industry // Contemporary Problems of Ecology. 2021. Vol. 28, N 6].
- РД 52.24.380-2017 (ФР.1.31.2019.32572) Массовая концентрация нитратного азота в водах. Методика измерений фотометрическим методом с реактивом Грисса после восстановления в кадмиевом редуторе. Ростов н/Д., 2018. 32 с.
- РД 52.24.381-2017 (ФР.1.31.2019.32573) Массовая концентрация нитритного азота в водах. Методика измерений фотометрическим методом с реактивом Грисса. Ростов н/Д., 2018. 25 с.
- РД 52.24.383-2018 (ФР.1.31.2019.33119) Массовая концентрация аммонийного азота в водах. Методика измерений фотометрическим методом в виде индофенолового синего. Ростов н/Д., 2018. 45 с.
- РД 52.24.405-2018 (ФР.1.31.2019.32905) Массовая концентрация сульфатов в водах. Методика измерений турбидиметрическим методом. Ростов н/Д., 2019. 24 с.
- РД 52.24.495-2017 (ФР.1.31.2019.33238) Водородный показатель вод. Методика измерений потенциометрическим методом. Ростов н/Д., 2018. 15 с.
- РД 52.24.496-2018 Методика измерений температуры, прозрачности и определение запаха воды. Ростов н/Д., 2018. 10 с.
- Тимакова Т. М., Куликова Т. П., Литвинова И. А., Полякова Т. Н., Сярки М. Т., Теканова Е. В., Чекрыжева Т. А. Изменение биоценозов Кондопожской губы Онежского озера под влиянием сточных вод целлюлозно-бумажного комбината // Водные ресурсы. 2014.

- Т. 41, № 1. С. 74–82 [Timakova T. M., Kulikova T. P., Litvinova I. A., Polyakova T. N., Syarki M. T., Tekanova E. V., Chekryzheva T. A. Changes in biocenoses of Kondopoga Bay, Lake Onego, under the effect of effluents from a pulp and paper mill // *Water Resources*. 2014. Vol. 41, N 1. P. 78–86.].
- Троянская А. Ф. Хлороорганические соединения в донных осадках реки Вычегды на территории Республики Коми в условиях изменяющейся антропогенной нагрузки // *Регион. экология*. 2019. № 1 (55). С. 108–124.
- Филина О. Н., Лукашенко И. М., Калинин Г. А., Бродский Е. С., Клюев Н. А., Брагар М. С. Определение органических загрязнений в пробах воды и ила, отобранных в районе целлюлозно-бумажного комбината (Херсонская область) // *Аналитика и контроль*. 1998. № 3/4. С. 52–58.
- Хамитова М. Ф. Исследование изменений гидробиологических характеристик в условиях локальных загрязнений в регионе Средней Волги: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Казань, 2017. 30 с.
- Штамм Е. В., Скурлатов Ю. И., Швыдкий В. О., Байкова И. С., Вичутинская Е. В. Природа токсического воздействия сточных вод предприятий целлюлозно-бумажного производства на водные экосистемы // *Хим. физика*. 2015. Т. 34, № 6. С. 22–29.
- Щетинин А. И., Костин Ю. В., Андреев Е. Л., Есин М. А., Малбиев Б. Ю., Демяненко Е. В., Юрченко В. А. Сыктывкарский ЛПК: решение проблем очистки сточных вод // *Водоснабжение и сан. техника*. 2010. № 11. С. 34–38.
- Allrivers.info – уровни рек онлайн. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://allrivers.info/gauge/vyichegda-syktvyvkar> (дата обращения 08.04.2021).
- Culp J. M., Podemski Ch. L., Cash K. J. Interactive effects of nutrients and contaminants from pulp mill effluents on riverine benthos // *J. Aquatic Ecosystem Stress and Recovery*. 2000. N 8. P. 67–75.
- Effects of water temperature and treated pulp mill effluent on survival and growth of *Daphnia magna* (Cladocera: Daphnidae) and *Taenionema* (Plecoptera: Taeniopterygidae) / Prepared for Alberta Environment as Alberta Environment Sustainable Forest Management Research Program. 2000. 34 p. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www3.gov.ab.ca/env/info/info-centre/publist.cfm> (дата обращения 10.04.2021).
- Hall T. J., Landis W. G. Introduction to special series: Measurement and analysis of the potential long term impact of pulp and paper mill effluent on receiving waters // *Integrated Environmental Assessment and Management*. 2009. Vol. 5, N 2. P. 186–188.
- Poole N. J., Wildish D. J., Kristmanson D. D., Waldichuk M. The effects of the pulp and paper industry on the aquatic environment // *Critical Reviews in Environ. Sci. and Technol.* 1977. N 1-8 (1-4). P. 153–195.
- Pöykiö R., Taskila E., Perämäki P., Nurmesniemi H., Kivilinnä V.-A., Kuokkanen T., Virta P. Sediment, perch (*Perca fluviatilis* L.) and bottom fauna as indicators of effluent discharged from the pulp and paper mill complex at Kemi, Northern Finland // *Water, Air, Soil Pollut.* 2004. Vol. 158. P. 325–343.
- Singh A. K., Chandra R. Pollutants released from the pulp paper industry: Aquatic toxicity and their health hazards // *Aquatic Toxicol.* 2019. N 211. P. 202–216.
- Whitehead P. G., Wilby R. L., Battarbee R. W., Kernan M., Wade A. J. A review of the potential impacts of climate change on surface water quality // *Hydrol. Sci. J.* 2009. N 54 (1). P. 101–123.
- Weatherarchive.ru [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://weatherarchive.ru/Temperature/Syktvyvkar/July-2020> (дата обращения: 08.04.2021).

Water quality of the Vychehda River under the conditions of the receipt of treated wastewater from the pulp and paper industry

E. N. PATOVA, B. M. KONDRATENOK, M. D. SIVKOV, S. N. KOSTROVA

*Institute of Biology of Komi Science Centre of the UB of the RAS
167982, Syktvyvkar, Kommunisticheskaya str., 28
E-mail: patova@ib.komisc.ru*

The results of three-year measurements (2018–2020) of hydrophysical and hydrochemical indicators of the Vychehda River in places where treated wastewater is discharged from the Mondi Syktvyvkar JSC pulp and paper mill are presented. At conventionally background stations and exposed to wastewater in concentrations significantly lower than the MPC: mineralization, the content of ions of Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- , SO_4^{2-} , NO_3^- , heavy metals, oil products, anionic surfactants, benz[a]pyrene were noted, an excess of MPC was noted for Suspended substances, COD, PO_4^{3-} , Fe, Mn. Studies have shown that in connection with the modernization of the treatment facilities of Mondi Syktvyvkar JSC, there is a noticeable improvement in the quality of wastewater and a decrease in the environmental load on the ecosystem of the Vychehda River in places of their discharge. With a high water level in the Vychehda River (2018–2019) for all investigated

hydrochemical indicators in the places of wastewater discharge, no significant excess over conditionally background values – was revealed. It was possible to register the impact of pollutants only in the low-water period (2020), with a decrease in the degree of dilution by river waters of effluent from treatment facilities. During this period, at the observation points in the places of wastewater discharge, a significant increase was noted relative to the conditionally background indicators of the concentration of ions Cl^- , SO_4^{2-} , PO_4^{3-} , NH_4^+ , S_{tot} , K, Na, Phenol, as well as COD, Permanganate Value, turbidity, electrical conductivity. In terms of environmental, sanitary and toxicological indicators, the waters of all surveyed observation points were assigned to the 3rd class of water quality (satisfactory purity).

Key words: waste water from pulp and paper production, hydrochemical and hydrophysical indicators, Vychegda River, northeast of European Russia.